

Mercator Research Institute on
Global Commons and Climate Change
(MCC) gemeinnützige GmbH

Ist Deutschland auf dem 1,5-Grad-Pfad?

Eine Einordnung der Diskussion über ein nationales CO_2-Budget

Brigitte Knopf (MCC) und Oliver Geden (SWP)

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Impressum

Autorenteam:

Dr. Brigitte Knopf (MCC) und Dr. Oliver Geden (Stiftung Wissenschaft und Politik, SWP)

Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gGmbH

EUREF-Campus 19

10829 Berlin | Germany

Email: knopf@mcc-berlin.net

www.mcc-berlin.net

Copyright © Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gGmbH

März 2022

Das MCC ist eine gemeinsame Gründung von

STIFTUNG MERCATOR



Potsdam Institute for Climate Impact Research

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 4
1 Einleitung 5
2 Der klimawissenschaftliche Hintergrund zu Budget-Ansätzen 6
2.1 Grundsätze der Methodik des globalen CO_2-Budgets 6
2.2 Ableitung von Langfristzielen für Treibhausgasneutralität 7
2.3 Globale Budgets für einen Paris-kompatiblen Pfad 9
3 Probleme bei der Ableitung nationaler CO_2-Budgets 9
3.1 Keine eindeutige Ableitung von nationalen Budgets aus den globalen Budgets 9
3.2 Kumulieren statt Budgetieren 11
4 Das Ambitionsniveau der deutschen Klimaschutzziele 11
4.1 Die kumulierten Emissionen auf Basis des aktuellen Klimaschutzgesetzes 11
4.2 Vergleich mit einem nationalen CO_2-Restbudget bei Pro-Kopf-Ansatz 13
5 Schlussfolgerungen für die deutsche Klimapolitik 15
Literatur 17

Zusammenfassung

Der im November 2021 vorgestellte Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung bekennt sich sehr viel deutlicher als die Vorgängerregierung zur Orientierung an einem Erwärmungsniveau von 1,5 °C – der Koalitionsvertrag formuliert explizit den Anspruch, „Deutschland auf den 1,5-Grad-Pfad zu bringen". Ungeklärt bleibt in der deutschen Klimapolitik bislang, nach welchen Benchmarks die Angemessenheit nationaler Politik im globalen Maßstab zu bemessen wäre. In diesem Kontext analysieren wir den in der deutschen Debatte sehr prominenten Budget-Ansatz, der eine Pro-Kopf-Verteilung des sogenannten globalen CO_2-Restbudgets vorsieht, und benennen die Voraussetzungen und Fallstricke eines solchen Vorgehens.

Auf globaler Ebene lässt sich ein CO_2-Budget bestimmen, das angibt, wieviel CO_2 noch in die Atmosphäre abgegeben werden darf, um die globale Erwärmung auf eine bestimmte Temperatur zu begrenzen. Während sich das CO_2-Budget auf globaler Ebene unter bestimmten Unsicherheiten für verschiedene Temperaturniveaus prinzipiell beziffern lässt, ist die Ableitung eines nationalen Restbudgets (Budgetieren) daraus keineswegs eindeutig. Denn abgesehen von den fortwährenden Unsicherheiten bei der Bestimmung der globalen Budgets ist die Zuweisung einer exakt bezifferten nationalen Verantwortung vom gewählten Gerechtigkeitsprinzip abhängig. Zudem legt das Pariser Abkommen ein globales Langfrist-Temperaturziel fest, dessen Einhaltung nur mit einer kollektiven Anstrengung zu erreichen ist. Nationale Ziele sind darüber hinaus oftmals als Langfristziele für Treibhausgas (THG)-Neutralität definiert, während sich das globale Budget nur auf CO_2 bezieht. Diese Aspekte sprechen gegen den Budget-Ansatz als politisch handlungsleitende Größe auf nationaler Ebene.

Allerdings kann umgekehrt das Kumulieren, also das Umrechnen nationaler Zielpfade in die voraussichtliche Gesamtmenge an Emissionen, ein gangbarer Weg sein, um das nationale Ambitionsniveau darzustellen. Dabei sind die Ziele im deutschen Bundes-Klimaschutzgesetz als THG-Minderungsziele mit einem Langfristziel für THG-Neutralität bis 2045 formuliert. Da es zwar auf globaler Ebene ein CO_2-Budget, aber kein THG-Budget gibt, muss auf nationaler Ebene eine Umrechnung in eine kumulierte CO_2-Menge stattfinden. Dies ist mit Unsicherheiten behaftet. Weiterhin bestehen bei der Berechnung einige Freiheitsgrade durch den Einbezug der CO_2-Senken, deren Anrechnung aus dem Klimaschutzgesetz nicht eindeutig ableitbar ist. Unter bestimmten Annahmen ergeben sich aus dem deutschen Klimaschutzgesetz kumulierte Emissionen von 6,4 bzw. 6,2 Gigatonnen (Gt)CO_2, je nach Betrachtungszeitraum bis 2045 oder 2050.

Als exemplarischer Vergleichsmaßstab für das Ambitionsniveau der deutschen Klimaschutzziele wird hier das CO_2-Restbudget auf Basis einer global gleichen Pro-Kopf-Verteilung ab 2016 herangezogen, wie vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) vorgeschlagen. Auf Basis dieser Methodik stünden Deutschland ab 2022 zur Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 1,75 °C noch 6,0 GtCO_2 und für 1,5 °C noch 3,0 GtCO_2 zu. Mit diesem Ansatz würden also die kumulierten Emissionen auf Basis des Klimaschutzgesetzes in etwa doppelt so hoch liegen wie ein Budget für eine Begrenzung auf 1,5 °C, sie würden aber in etwa einem Budget für eine Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 1,75 °C entsprechen.

Daraus ergeben sich Schlussfolgerungen für die deutsche Klimapolitik. Zum einen müssen die nationalen Ziele mit konkreten Maßnahmen zur Umsetzung unterlegt werden. Denn das Klimaschutzgesetz enthält lediglich Zielbestimmungen – real sinken werden die Emissionen nur durch konkrete Maßnahmen und Instrumente. Um darüber hinaus eine Orientierung Deutschlands an 1,5 °C glaubwürdig und nachvollziehbar zu machen, wird sich die Bundesregierung aber auch zu zwei zentralen Fragenkomplexen positionieren müssen. Zum einen ist es die Frage, nach welchen Gerechtigkeitskriterien ein deutscher Beitrag zur Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 1,5 °C zu bemessen wäre. Daran schließt sich die Frage an, ob dieser faire nationale Beitrag ausschließlich in Deutschland erbracht wird oder ob auch im Ausland Anstrengungen zur Emissionsminderung unternommen werden sollen. Falls letzteres angestrebt wird, braucht es eine aktive internationale Klimapolitik mit konkreter und messbarer Erfolgskontrolle.

Um glaubwürdig zu bleiben, sollte die Bundesregierung Kriterien nennen, an denen sie ihre Klimaschutzziele messen lassen will. Nur so wird das nationale Ambitionsniveau transparent und wissenschaftlich überprüfbar.

1 Einleitung

Die internationale Staatengemeinschaft hat sich mit dem Klimaabkommen von Paris zu einem langfristigen Temperaturziel (*long-term temperature goal*) bekannt. Artikel 2 des Abkommens postuliert, dass „der Anstieg der durchschnittlichen Erdtemperatur deutlich unter 2 °C über dem vorindustriellen Niveau gehalten wird und Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen". Doch während die Zielformulierung von Paris eine kollektive Ambitionssteigerung mit sich brachte – zuvor hatten sich die UN-Klimaverhandlungen lediglich an einem Ziel von „unter 2 °C" orientiert –, wurde gleichzeitig die nationale Verantwortung für die zu erbringenden Minderungsleistungen abgeschwächt. Anders als noch im Kyoto-Regime gehen die Vertragsstaaten der UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) keine quantifizierten nationalen Minderungsverpflichtungen ein, sondern entscheiden eigenverantwortlich über ihre jeweiligen Beiträge (*nationally determined contributions*, NDCs) zum kollektiven Ziel, inklusive einer Selbsteinschätzung, warum die eigenen NDCs als fair und ambitioniert gelten können (Winkler et al. 2018). Auch die erste unter dem Pariser Abkommen erfolgende „Globale Bestandsaufnahme" (*global stocktake*) in 2023 wird lediglich den kollektiven Fortschritt bewerten. Welche konkreten Schlussfolgerungen die Regierungen daraus für die nächste NDC-Runde bis 2025 ziehen, wird ihnen im Rahmen des Pariser Abkommens letztlich selbst überlassen bleiben (Karlsson-Vinkhuyzen et al. 2018; Rajamani und Werksman 2018).

Seit der Einigung auf das Pariser Abkommen lässt sich dementsprechend eine Vielzahl von Ansätzen beobachten, belastbare Benchmarks für die Bewertung nationaler Klimaschutzziele (und tatsächlicher erbrachter Minderungsleistungen) zu entwickeln. Zunächst standen dabei Bewertungen im Vordergrund, die nationale Ziele und Emissionen mit „Paris-kompatiblen" globalen Minderungspfaden für Treibhausgase vergleichen (etwa im Rahmen des Climate Action Tracker). Im Anschluss an die Veröffentlichung des „Sonderberichts über 1,5 °C globale Erwärmung" des IPCC (IPCC 2018) hat in der deutschen Debatte die Kalkulation nationaler CO_2-Budgets erkennbar an Gewicht gewonnen. Auch der Beschluss des Bundesverfassungsgerichts (BVerfG 2021) zur ursprünglichen Fassung des deutschen Klimaschutzgesetzes (KSG 2019) befasst sich ausführlich mit der Möglichkeit, den nationalen Anteil an einem globalen CO_2-Restbudget zu bestimmen. Das BVerfG verzichtet jedoch darauf, eine bestimmte Budgetgröße als „zahlengenaues Maß für die verfassungsgerichtliche Kontrolle" festzulegen, und trägt dem Gesetzgeber auch nicht auf, ein nationales CO_2-Budget zu kalkulieren (BVerfG 2021).

Das in Reaktion auf den BVerfG-Beschluss schon im Juni 2021 geänderte Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG 2021) setzt deutlich ambitioniertere Ziele für die Minderung der Treibhausgase (THG) als das KSG 2019 (etwa das Erreichen von THG-Neutralität bis 2045 und THG-Emissionsreduktionen von 65 % bis 2030). Es enthält aber nach wie vor keine Hinweise darauf, nach welchen Kriterien der von Deutschland zu realisierende Emissionsminderungspfad im globalen Maßstab als fair und ambitioniert gelten kann. Der schließlich im November 2021 vorgestellte Koalitionsvertrag kündigt zwar keine weitere Verschärfung der nationalen Emissionsminderungsziele an, die neue Bundesregierung bekennt sich aber sehr viel deutlicher als die alte zur Orientierung an einem Erwärmungsniveau von 1,5 °C – dem unteren Rand des Langfrist-Temperaturziels von Paris. Der Koalitionsvertrag formuliert explizit den Anspruch „Deutschland auf den 1,5-Grad-Pfad zu bringen" (SPD, Bündnis 90/Die Grünen, FDP 2021).

Ungeklärt bleibt in der deutschen Klimapolitik bislang, nach welchen Benchmarks die Angemessenheit nationaler Politik im globalen Maßstab zu bemessen wäre. In diesem Kontext analysieren wir den in der deutschen Debatte sehr prominenten Budget-Ansatz, der maßgeblich vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) entwickelt wurde (SRU 2020) und dessen Methodik inzwischen auch von anderen Instituten verwendet wird (etwa Wuppertal-Institut 2020; Konzeptwerk Neue Ökonomie 2022). Die auf Basis der SRU-Methodik für Deutschland kalkulierten CO_2-Budgets werden in der Klimadebatte häufig mit den kumulativen Emissionen langfristiger nationaler Minderungspfade verglichen, wie sie sich etwa aus dem KSG 2021 oder verschiedensten Studien zur THG-Neutralität in Deutschland ergeben. Das vorliegende Papier erläutert die Voraussetzungen und Fallstricke eines solchen Vorgehens und skizziert darauf aufbauend Schlussfolgerungen für die deutsche Klimapolitik.

2 Der klimawissenschaftliche Hintergrund zu Budget-Ansätzen

2.1 Grundsätze der Methodik des globalen CO_2-Budgets

Die in Artikel 2 des Pariser Abkommens genannten Erwärmungsniveaus von deutlich unter 2 °C bzw. 1.5 °C lassen sich indirekt in CO_2-Emissionen übersetzen. Dabei hängt der Temperaturanstieg nicht vom zeitlichen Verlauf dieser Emissionen ab, sondern von der Gesamtsumme: Es gibt einen nahezu linearen Zusammenhang zwischen den kumulativen CO_2-Emissionen einerseits und dem Temperaturanstieg andererseits (Allen et al. 2009; Meinshausen et al. 2009; Rogelj et al. 2019). Das Konzept des CO_2-Restbudgets baut darauf auf: Es gibt an, wieviel CO_2 noch netto in die Atmosphäre abgegeben werden darf, um die globale Erwärmung auf ein politisch angezieltes Niveau (1,5 °C, 1,75 °C oder 2 °C) zu begrenzen. Vergleicht man das jeweils verbleibende globale „Restbudget" (*remaining carbon budget*) mit dem aktuellen globalen Jahresausstoß an CO_2, wird die Dringlichkeit des Klimaproblems sehr deutlich.

Allerdings sind diese CO_2-Budgets mit klimawissenschaftlich begründeten Unsicherheiten behaftet, etwa hinsichtlich der Klimasensitivität oder des Beitrags von Nicht-CO_2-Emissionen zur globalen Erwärmung (UK CCC 2020). Deshalb können zum einen immer nur Wahrscheinlichkeiten angegeben werden, ein bestimmtes Erwärmungsniveau bei einem bestimmten CO_2-Budget nicht zu überschreiten – klassischerweise 50 % und 67 %. Zum anderen ändern sich diese Budgets durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse regelmäßig. Die 2014 im Synthesebericht zum 5. IPCC-Sachstandsbericht (IPCC 2014) angegebenen Budgets wurden im 2018 erschienenen IPCC-Sonderbericht zu 1,5 °C (SR15) auf Basis einer verbesserten Methodik deutlich vergrößert (IPCC 2018). In dem 2021 erschienenen Teilbericht der IPCC-Arbeitsgruppe I zum 6. Sachstandsbericht (IPCC 2021) sind die CO_2-Budgets nochmals etwas nach oben korrigiert worden, vor allem für die Wahrscheinlichkeit von 67 % (Rogelj 2021). Die in Abbildung 1 dargestellte Ausweitung der Restbudgets um mehrere Hundert Gigatonnen (Gt) ändert bei jährlichen Emissionen von etwa 40 Gt nichts an der Dringlichkeit des Klimaproblems oder an der Tatsache, dass der Temperaturanstieg erst dann gestoppt wird, wenn die globalen CO_2-Emissionen auf (netto) null sinken. Es ist aber im Blick zu behalten, dass aufgrund des wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritts auch in Zukunft mit signifikanten Veränderungen des prognostizierten CO_2-Restbudgets zu rechnen ist.

Das der Welt verbleibende Budget wird vom IPCC immer nur für CO_2 angegeben, abhängig von spezifischen Annahmen über zukünftige Emissionsreduktionen bei Treibhausgasen wie Methan und Lachgas sowie von Aerosolen (Rogelj et al. 2019). Es wäre jedoch nicht sinnvoll, ein globales THG-Budget bestimmen zu wollen. Das liegt nicht zuletzt an der Kurzlebigkeit von Methan, das sich anders als CO_2 nicht dauerhaft in der Atmosphäre akkumuliert, weshalb kein linearer Zusammenhang zwischen kumulierten (historischen) Emissionen und dem Ausmaß des Erwärmungseffekts existiert.

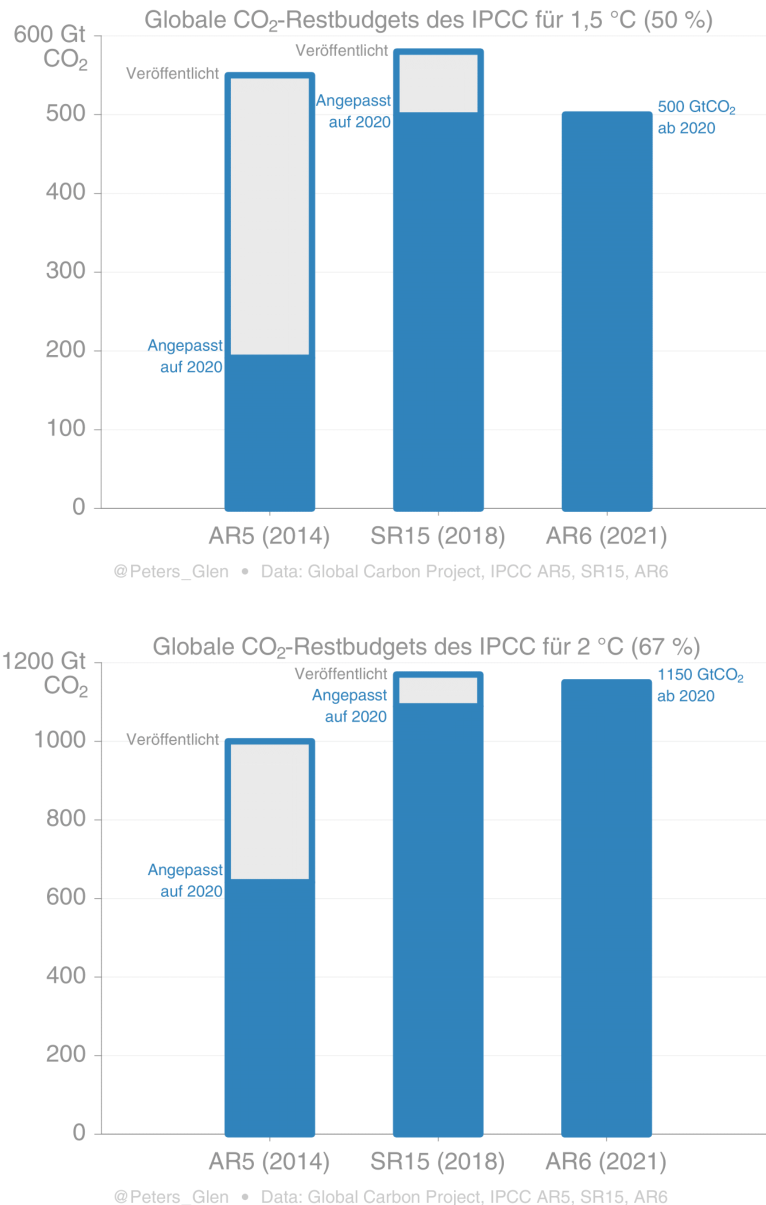


Abbildung 1: Veränderung der vom IPCC ermittelten globalen CO_2-Restbudgets für 1,5 °C (50 %), obere Abbildung, bzw. 2 °C (67 %), untere Abbildung: Im Vergleich zum 5. Sachstandsbericht (AR5) fallen die Restbudgets im 1,5-Grad-Bericht (SR15) und im 6. Sachstandsbericht deutlich größer aus, insbesondere dann, wenn man nicht nur die jeweils veröffentlichten Budgetzahlen betrachtet, sondern auch die in der Zwischenzeit erfolgten CO_2-Emissionen in Rechnung stellt (hellgraue Flächen).

2.2 Ableitung von Langfristzielen für Treibhausgasneutralität

Neben den CO_2-Budgets lassen sich mit bestimmten Erwärmungsniveaus konsistente globale Emissionspfade bestimmen, in denen sämtliche wichtige Treibhausgase explizit berücksichtigt sind. Mit solchen Klimaschutzpfaden lassen sich Jahreszahlen ermitteln, bis wann netto null CO_2-Emissionen oder netto null THG-Emissionen (in der politischen Debatte meist als *Klimaneutralität* bezeichnet) erreicht werden müssen.

Der IPCC wird diese Emissionspfade mit dem im April 2022 erscheinenden Bericht seiner Arbeitsgruppe III aktualisieren. Der Sonderbericht zu 1,5 °C (IPCC 2018, Kapitel 2) kam zu dem Ergebnis, dass in modellierten Klimaschutz-Pfaden mit allenfalls geringer zwischenzeitlicher Überschreitung von 1,5 °C die globalen anthropogenen CO_2-Emissionen um das Jahr 2050 netto null erreichen müssen, und anschließend netto negative Emissionen notwendig sind. Für die THG-Emissionspfade ergeben dieselben

1,5-Grad-Szenarien eine Reduktion aller Treibhausgase auf netto null bis 2067, anschließend verläuft der Emissionspfad in der Regel ebenfalls unter der Null-Linie. Die entsprechenden Zahlen für das Erreichen von 2 °C mit hoher Wahrscheinlichkeit (*lower* 2 °C) belaufen sich im Sonderbericht zu 1,5 °C auf das Jahr 2070 für netto null CO_2 und auf nach 2100 für netto null THG Emissionen (IPCC 2018, Tabelle 2.4).

Die vom IPCC analysierten Klimaschutz-Szenarien gehen davon aus, dass nicht alle THG-Emissionen vollständig eliminiert werden können, sondern in einem gewissen Umfang Restemissionen (z.B. aus Industrieprozessen oder der Landwirtschaft) anfallen werden, die dann zum Erreichen von CO_2- bzw. THG-Neutralität ausbalanciert werden müssen. Grundsätzlich werden netto null CO_2-Emissionen stets einige Jahre vor netto null THG-Emissionen erreicht. Der Grund liegt darin, dass es sich bei dem weit größeren Teil der technisch unvermeidbaren Emissionen um Methan und Lachgas aus der Landwirtschaft handelt. Global wird netto null dadurch erreicht, dass in äquivalentem Umfang Treibhausgase aus der Atmosphäre entfernt werden. Derartige Methoden werden bislang nur für CO_2 ernsthaft diskutiert (*carbon cioxide removal*, CDR)[1], nicht aber für andere Treibhausgase (Fuss et al. 2018). Der notwendige Ausgleich von verbleibenden Methan- und Lachgas-Emissionen mittels CDR bedeutet, dass die CO_2-Emissionen netto-negative Werte erreichen müssen, damit netto null THG-Emissionen ermöglicht werden. Dementsprechend wird CO_2-Neutralität immer schon früher erreicht als THG-Neutralität (siehe Abbildung 2).

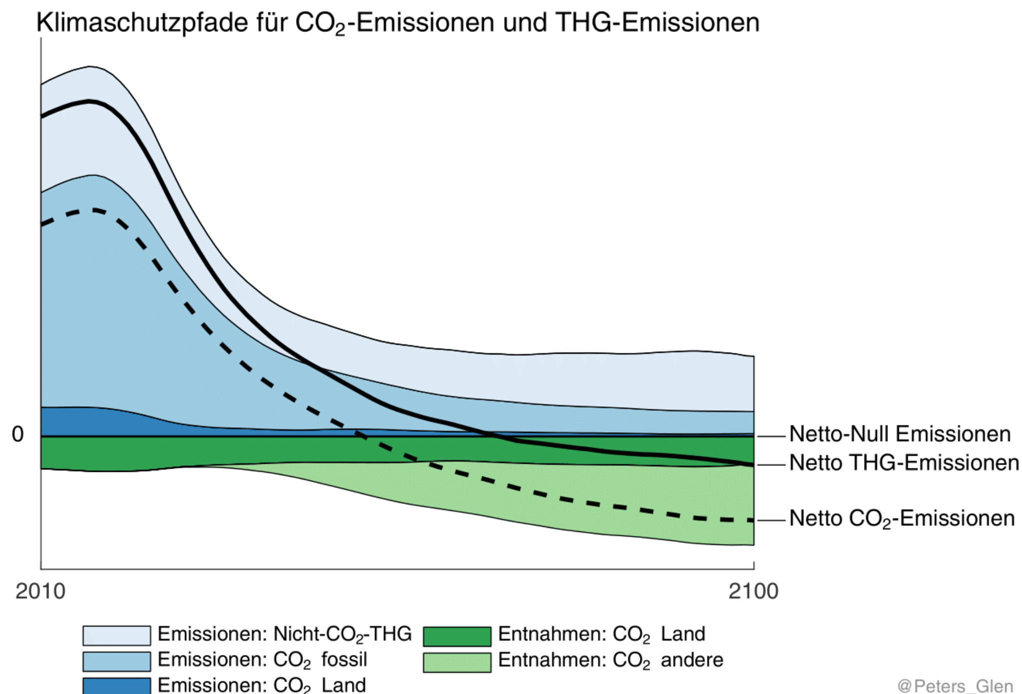


Abbildung 2: Unterschied zwischen idealtypischen Klimaschutzpfaden für CO_2-Emissionen und THG-Emissionen. Da nicht alle Emissionsquellen vermieden werden können, müssen verbleibende Restemissionen durch den Einsatz von Entnahme-Methoden ausgeglichen werden, um Netto-Null Emissionen zu erreichen. Da solche Methoden bislang nur für CO_2 existieren, werden Netto-Null CO_2-Emissionen deutlich vor Netto-Null THG erreicht, in starker Abhängigkeit vom Umfang der verbleibenden Nicht CO_2-THGs wie Methan und Lachgas. Damit einhergehend erreichen die CO_2-Emissionen beim Erreichen von THG-Neutralität auch bereits netto-negative Werte.

Diese unterschiedlichen Netto-Null-Jahreszahlen unterstreichen die Wichtigkeit, sauber zu unterscheiden zwischen den jeweiligen Minderungspfaden für die CO_2-Emissionen und die gesamten THG-Emissionen, wenn globale, europäische und nationale Klimaziele bewertet werden (Rogelj et al. 2021). In der öffentlichen Debatte wird diese Differenzierung oftmals nicht getroffen. Sie war im Rahmen des in der EU

[1] Dazu zählen etwa (Wieder-)Aufforstung, stärkere Kohlenstoffbindung in Böden, Direct Air Capture mit CO_2-Abscheidung und Speicherung (DACCS), Bioenergie mit CO_2-Abscheidung und Speicherung (BECCS), Pflanzenkohle oder die beschleunigte Verwitterung von Mineralien.

und Deutschland bis vor kurzem noch gültigen THG-Minderungskorridors von 80-95 % bis 2050 sicherlich auch vernachlässigbar. Im Kontext von staatlichen Netto-Null-Zielen – bei denen es sich mit wenigen Ausnahmen (etwa China) fast immer um THG-Ziele handelt – müssen die Emissionsprofile aller Sektoren sehr viel stärker ins Blickfeld gerückt werden, nicht zuletzt die Nicht-CO_2-Emissionen aus der Landwirtschaft, die Klimaschutzszenarien zufolge einen großen Teil der Restemissionen ausmachen werden (siehe Abbildung 2). Im Pariser Abkommen ist das Erreichen von netto null THG-Emissionen in der zweiten Jahrhunderthälfte vereinbart (Art. 4). Deutschland hat sich darüberhinausgehend im KSG 2021 auf das Erreichen von netto negativen THG-Emissionen ab 2050 verpflichtet.

2.3 Globale Budgets für einen Paris-kompatiblen Pfad

Das Pariser Klimaabkommen formuliert das Ziel, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C und möglichst auf 1,5 °C zu begrenzen. Nach aktuellem wissenschaftlichen Erkenntnisstand verbleiben ab 2022 somit noch etwa 423 $GtCO_2$, um die vom Menschen verursachte Erwärmung mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % auf 1,5 °C zu begrenzen. Für eine Begrenzung der Erwärmung auf 1,75 °C mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 %, – wie vom SRU als Operationalisierung der mehrdeutigen Paris-Formulierung „deutlich unter 2 °C" gewählt – blieben noch knapp 700 $GtCO_2$. Zum Vergleich: Die globalen Netto-CO_2-Emissionen betrugen (inklusive Landnutzung und Forstwirtschaft) 2021 nach der neuesten Schätzung des *Global Carbon Project* 39,4 Gt (Friedlingstein et al. 2021).

Das bedeutet: Bliebe die Welt von nun an auf dem aktuellen Emissionsniveau, dann wäre das CO_2-Budget für 1,5 °C (bei 50 % Wahrscheinlichkeit)) in knapp elf Jahren aufgebraucht, d.h. im Jahr 2033[2]. Oder anders formuliert: Um eine Erwärmung von 1,5 °C (50 %) nicht zu überschreiten, müssen die globalen CO_2-Emissionen bis 2044 netto null erreichen, unter der Annahme, dass von Anfang 2022 an eine lineare Emissionsreduktion erfolgt. Geht man stattdessen von 1,75 °C aus und will dieses Niveau mit einer Wahrscheinlichkeit von 67% nicht überschreiten, müssen die globalen CO_2-Emissionen bei einem linearen Reduktionspfad im Jahr 2058 netto null betragen.

3 Probleme bei der Ableitung nationaler CO_2-Budgets

3.1 Keine eindeutige Ableitung von nationalen Budgets aus den globalen Budgets

In der politisch-medialen Diskussion wird immer wieder die Frage aufgeworfen, ob die deutschen Klimaziele „Paris-kompatibel" oder „1,5-Grad-kompatibel" seien, wobei als Vergleichsmaßstab ein von den IPCC-Zahlen abgeleitetes nationales CO_2-Budget herangezogen wird. Diese Frage lässt sich jedoch nicht wissenschaftlich beantworten. Denn abgesehen von den fortwährenden Unsicherheiten bei der Bestimmung der globalen Budgets ist die Zuweisung einer exakt bezifferten nationalen Verantwortung von nicht genuin wissenschaftlichen Annahmen abhängig. Zudem legt das Pariser Abkommen ein globales Langfrist-Temperaturziel fest, dessen Einhaltung nur mit einer kollektiven Anstrengung zu erreichen ist. Bei näherer Betrachtung spricht jeder dieser drei Aspekte gegen den Budget-Ansatz als politisch handlungsleitende Größe auf nationaler Ebene.

Probleme bei der Budget-Methodik

Wie in Abbildung 1 gezeigt, bilden die globalen CO_2-Budgets keine hinreichend stabile Ausgangsgröße. Abgesehen davon, dass schon die Auswahl „angemessener" Temperatur- und Wahrscheinlichkeits-Niveaus (1,5 °C, 1,75 °C oder 2 °C, mit 50, 67 oder 83 %) eine genuin politische Entscheidung darstellt, verändern sich die vom IPCC ermittelten Restbudgets mit jedem neuen Sachstandsbericht. Dies liefe dann unweigerlich auf eine Anpassung der nationalen Emissionsmengen hinaus, und zwar grundsätzlich in

[2] Die CO_2-Uhr des MCC weist leicht abweichende Zahlen aus. Zum einen wird für 1,5 C der Wert für eine höhere Einhaltewahrscheinlichkeit angegeben, nämlich 67 % statt wie hier 50 %. Zum anderen werden die jährlichen globalen CO_2-Emissionen mit 42,2 Gt angesetzt, dem Wert für 2019.

beide Richtungen. Hätte Deutschland eine entsprechende Budgetierung 2016 bei der Ratifizierung des Pariser Abkommens eingeführt, auf Basis des damals aktuellen 5. IPCC Sachstandsberichts (2014), so wären die nationalen Restbudgets seither nicht gesunken, sondern angewachsen. Eine strikte Orientierung am jeweils vom IPCC ermittelten globalen Restbudget ist demnach kein geeigneter Ansatz, um einen für Wirtschaft und Gesellschaft verlässlichen Politikpfad zu implementieren. Ein Ziel für netto null Emissionen ist im Vergleich dazu eine wesentlich stabilere Größe, um politisches Handeln daran auszurichten (Geden 2016; Peters 2018). Hinzu kommt, dass nationale CO_2-Budgets nur einen Teilbereich der Minderungsanstrengungen abdecken, da Klimaschutz in Deutschland und in der EU auf alle wesentlichen Treibhausgase abzielt, also etwa auch Methan und Lachgas (siehe Kap. 4).

Keine wissenschaftlich eindeutige Herleitbarkeit des Verteilungsschlüssels

Die Zuweisung einer exakt bezifferten nationalen Verantwortung ist von mehreren Annahmen abhängig, weshalb in der Debatte verschiedene nationale Budget-Berechnungen nebeneinander existieren (SRU 2020, Wuppertal-Institut 2020, Konzeptwerk Neue Ökonomie 2022). Die sinnvollerweise zu stellende Frage, wie ein fairer Beitrag Deutschlands zur Erreichung des globalen Langfrist-Temperaturziels aussehen sollte, lässt sich nicht eindeutig beantworten, sondern hängt ganz wesentlich von den zugrunde gelegten Gerechtigkeitskriterien ab (Kolstad et al. 2014). Diese möglichen Verteilungsschlüssel reichen von der Einbeziehung historischer Emissionen bis zu dem in der deutschen Debatte häufig gewählten, in Entwicklungsländern und der Klimagerechtigkeitsbewegung aber alles andere als unumstrittenen Pro-Kopf-Ansatz. Würde man strengere Kriterien anlegen, die auch die historische Verantwortung der Industrieländer für den Klimawandel in Rechnung stellen, liefe dies für Industrieländer wie Deutschland bei einer Orientierung an 1,5 °C in kürzester Zeit auf negative Restbudgets hinaus (Rajamani et al. 2021).

Weiterhin müsste für einen umfassenden Gerechtigkeitsansatz neben dem Verteilungsschlüssel auch mit in Betracht gezogen werden, wie die jeweiligen nationalen Minderungspotenziale und -kosten ausfallen (Knopf et al. 2010), und zudem die ökonomische Leistungsfähigkeit der jeweiligen Länder in den Blick nehmen. Wissenschaftlich sind diese Verteilungsfragen nicht zu beantworten, weshalb der IPCC die globalen Budgets auch nicht auf die nationalstaatliche Ebene herunterbricht (Edenhofer et al. 2014; IPCC 2014; Knopf und Geden 2014; IPCC 2018).

Keine Basis im Pariser Klimaabkommen

Das Restbudget zur Einhaltung eines bestimmten Temperaturziels mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit ist prinzipiell beschränkt. Dies impliziert zwangsläufig einen globalen Verteilungskonflikt um Emissionsrechte. Wäre das Budget die Basis in den Klimaverhandlungen, so würde es immer auf ein Nullsummenspiel hinauslaufen: Was das eine Land bekommt, wird einem anderen genommen. Dieser Ansatz hat sich daher international in den Klimaverhandlungen nicht durchgesetzt (Lahn 2020).

Das Paris-Abkommen basiert stattdessen auf einem Ansatz des Versprechens und Überprüfens (*pledge and review*), der auf freiwilligen Selbstverpflichtungen (*nationally determined contributions*) aufbaut. Diese sollen von den Vertragsstaaten in einem Mechanismus des Erhöhens (*ratcheting up*) alle fünf Jahre verschärft werden. So hat etwa die Europäische Union im Dezember 2020 ihr ursprüngliches 2030er-Klimaziel von 40 % THG-Reduktion (bezogen auf 1990) auf 55 % erhöht, andere Staaten haben ebenfalls nachgelegt. Diese Summe dieser nationalen Beiträge wird dann alle fünf Jahre (erstmals 2023) im *global stocktake* mit dem wissenschaftlich als notwendig erachteten globalen Emissionspfad verglichen, um eine neue Runde klimapolitischer Selbstverpflichtungen einzuleiten. Dabei gilt das Prinzip der UN-Klimarahmenkonvention, wonach gemeinsame, aber unterschiedlich starke Verantwortlichkeiten und Fähigkeiten (*common but differentiated responsibilities and respective capabilities*, CBDR-RC) zwischen Industrie- und Entwicklungsländern zu beachten sind. Im Pariser Abkommen wurde dies explizit durch den Satz ergänzt, dass die Industrieländer die Führung bei der Emissionsreduktion übernehmen sollen. Eine Quantifizierung dieses Prinzips wurde in der UN-Klimapolitik jedoch nie vorgenommen.

3.2 Kumulieren statt Budgetieren

Während sich das CO_2-Budget auf globaler Ebene unter den gegebenen Unsicherheiten prinzipiell bestimmen lässt und eine hilfreiche Größe ist, um die Dringlichkeit des Klimaproblems darzustellen, ist, wie oben ausgeführt, das bloße Herunterbrechen des globalen CO_2-Budgets auf einzelne Staaten (*Budgetieren*) kein geeigneter Ansatz für die nationale Klimapolitik. Allerdings kann umgekehrt das *Kumulieren*, also die Umrechnung nationaler Zielpfade in die voraussichtliche Gesamtmenge an CO_2-Emissionen, ein gangbarer Weg sein, um das nationale Ambitionsniveau darzustellen. Das Kumulieren bringt zwei wesentliche Vorteile gegenüber der in der europäischen Klimapolitik häufig anzutreffenden Fixierung auf weit entfernte Jahresziele mit sich. Zum einen ermöglicht ein Kumulieren eine bessere Vergleichbarkeit vorgeschlagener Pfade zur nationalen CO_2- oder THG-Neutralität. Denn letztlich ist es das Gesamtmenge an Emissionen, die klimapolitisch zählt und nicht (nur) das Zieljahr der THG-Neutralität (siehe Kap. 2.1). Zum anderen erlaubt eine solche Herangehensweise auch einen Vergleich verschiedener nationaler Pläne untereinander und mit dem, was aus (verschiedenen) globalen Gerechtigkeitsperspektiven notwendig wäre.

Auf dieser kumulativen Basis lässt sich das Ambitionsniveau eines Landes bewerten und ggf. auch beziffern, welche zusätzlichen internationalen Verpflichtungen sich ergeben, etwa beim Aufbau CO_2-armer Wirtschaftsmodelle in Entwicklungsländern. Denn auch wenn das Paris-Abkommen einem Ansatz von *pledge and review* folgt, so existiert doch eine nationale Verantwortung, einen angemessenen Beitrag zum globalen Klimaschutz zu leisten, der sich an der größtmöglichen Ambition (*highest possible ambition*, Pariser Abkommen, Art. 4, Abs. 3) orientieren soll. Ob diese Ambition vollständig über nationale Klimaschutzanstrengungen umgesetzt wird oder ergänzend auch mittels internationaler Klimaschutzprojekte oder Finanzhilfen für Entwicklungsländer, ist im Wesentlichen eine politische und keine wissenschaftlich beantwortbare Frage (siehe Kap. 5).

4 Das Ambitionsniveau der deutschen Klimaschutzziele

4.1 Die kumulierten Emissionen auf Basis des aktuellen Klimaschutzgesetzes

Im April 2021 entschied das BVerfG, dass das deutsche Klimaschutzgesetz aus dem Jahr 2019 den Weg für die Zeit nach 2030 nicht konkret genau ausbuchstabiert. Das BVerfG nahm in seiner Argumentation unter anderem auch auf den CO_2-Budget-Ansatz des SRU (SRU 2020) Bezug, um die Freiheitsrechte der heute Älteren und der heute Jüngeren abzuwägen.

In der Folge des BVerfG-Beschlusses wurde das deutsche Klimaschutzgesetz angepasst. Die im Juni 2021 vom Bundestag und Bundesrat beschlossene Novelle formuliert klare Zielvorgaben: Bis 2045 soll Deutschland treibhausgasneutral sein; bis 2030 müssen die THG-Emissionen um mindestens 65 % und bis 2040 um mindestens 88 % unter das Niveau von 1990 sinken; zudem sollen nach 2050 netto negative Treibhausgasemissionen in Deutschland erreicht werden. Neu im Klimaschutzgesetz 2021 ist die explizite Aufnahme von quantifizierten Teilzielen für die Netto-CO_2-Entnahme durch Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) ab 2030, die in der vorherigen Gesetzesfassung von 2019 so nicht formuliert war.

Die Bundesregierung folgt damit einerseits dem Vorgehen der EU, die im Rahmen des 2021 verabschiedeten Europäischen Klimagesetzes die CO_2-Emissionen und Entnahmen aus Landnutzung und Forstwirtschaft ab 2030 erstmals explizit in die klimapolitische Zielarchitektur aufnimmt (Schenuit et al. 2021). Andererseits sind die Ziele im § 3 des novellierten KSG so formuliert, dass die Netto-CO_2-Entnahme durch LULUCF erst 2045 in das Gesamtminderungsziel eingerechnet wird. Zudem ist LULUCF im KSG bislang auch nicht als eigenständiger Sektor ausgewiesen (Expertenrat für Klimafragen 2021). Die in § 3a, Abs. 1 des novellierten KSG angeführten Netto-CO_2-Entnahmen werden hier deshalb als zusätzlich zu erbringende Leistungen verstanden (siehe Infobox auf Seite 13). Die im KSG 2021 vorgezeichnete LULUCF-Netto-Senkenleistung von 40 Megatonnen (Mt) in 2045 entspricht in etwa einer Verdopplung der in den 2010er-Jahren erreichten Werte und kann angesichts der zu erwartenden Klimaveränderungen als sehr ehrgeizig eingestuft werden (Fuss et al. 2022).

Vor dem Hintergrund der Budgetdiskussion ist zu bedenken, dass die Ziele im Klimaschutzgesetz für die Gesamtheit aller Treibhausgase gelten, nicht nur für das „budgetrelevante" CO_2. Die neuen Ziele des KSG 2021 laufen auf eine kumulierte Menge von 8,6 Gt CO_2-Äquivalente (CO_2-eq) THG-Emissionen im Zeitraum 2022-2050 hinaus. Dies ist ein deutlicher Fortschritt gegenüber dem Klimaschutzgesetz 2019 mit 11,0 GtCO_2-eq für denselben Zeitraum. Berücksichtigt man zudem, dass das Klimaschutzgesetz 2021 auch explizit CO_2-Entnahmen (insbesondere Beiträge der Landsenken) in die Zielarchitektur mit aufnimmt, fällt die Differenz zwischen KSG 2021 und KSG 2019 noch größer aus.

Auf Basis der Festlegungen im Klimaschutzgesetz lässt sich die Gesamtmenge der zu erwartenden CO_2-Emissionen nicht direkt bestimmen, da alle Emissionswerte im Gesetz nur in CO_2-eq angegeben sind. Allerdings lässt sich auf Basis der von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität in Auftrag gegebenen Studien zur Klimaneutralität 2050 bzw. 2045 (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2020 und 2021) der Anteil von CO_2-Emissionen an den gesamten Treibhausgasemissionen bis zum Erreichen von THG-Neutralität ableiten. Wendet man diese Relationen auf das Klimaschutzgesetz in seiner derzeit geltenden Fassung an, ergeben sich für 2022-2050 kumulierte CO_2-Emissionen von rund 6,2 Gt für 2022-2045 rund 6,4 Gt (Berechnung siehe Infobox).

In beiden Fällen wurde berücksichtigt, dass sich aus dem Klimaschutzgesetz netto negative CO_2-Emissionen aus LULUCF ergeben, entlang der spezifischen Unterziele für 2030, 2040 und 2045. Für die Berechnung der Gesamtmenge der CO_2-Emissionen bis 2050 werden ab dem Jahr 2045 konstant netto negative CO_2-Emissionen angenommen: Sie sind bereits netto negativ, obwohl die THG-Emissionen insgesamt in diesem Zeitraum laut Klimaschutzgesetz erst bei netto null liegen. Dieser bislang wenig beachtete Effekt resultiert daraus, dass residuale Nicht-CO_2-Emissionen (vor allem Methan und Lachgas aus der Landwirtschaft) durch Entnahmen von CO_2 ausgeglichen werden. Der Netto-Minderungswert der Nicht-CO_2-Emissionen liegt im ersten Jahr der THG-Neutralität also bei weniger als 100 %, der entsprechende Wert für CO_2-Emissionen bei mehr als 100 %. Dies hat den Effekt, dass die Gesamtmenge an ausgestoßenem CO_2 mit jedem Jahr, in dem „lediglich" THG-Neutralität erreicht wird, weiter absinkt. Aus diesem Grund fallen die kumulierten CO_2-Emissionen bis 2050 niedriger aus als jene bis 2045 (siehe Infobox und Abbildung 3).

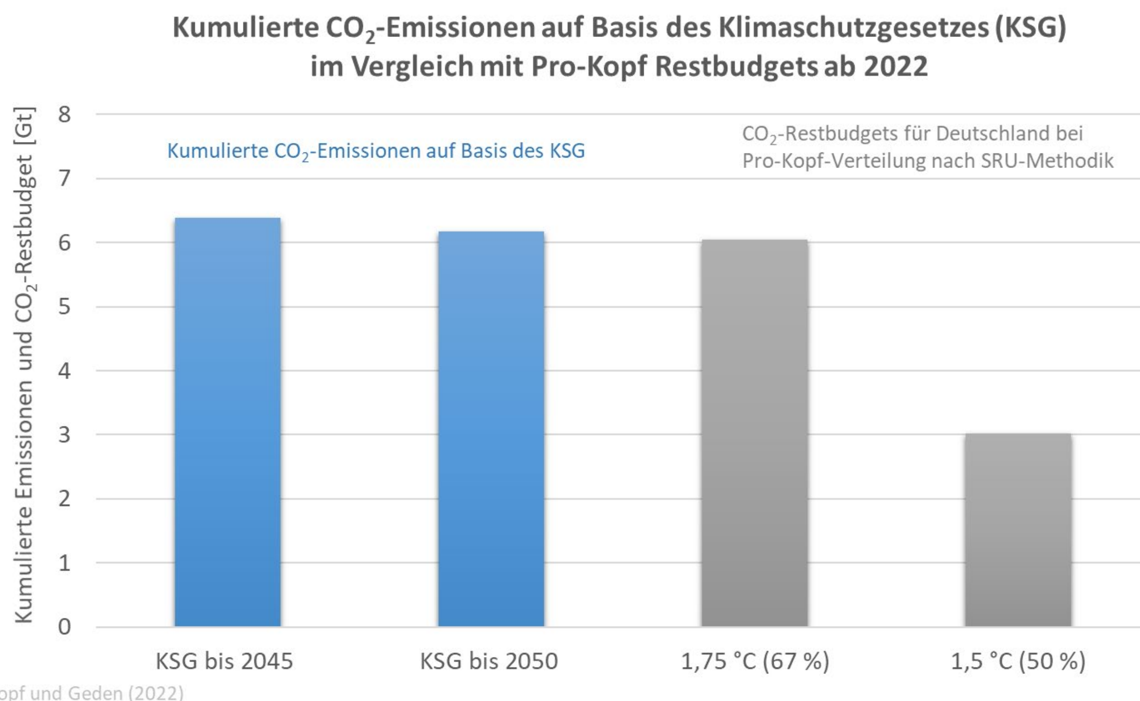


Abbildung 3: Kumulierte CO_2-Emissionen auf Basis des Klimaschutzgesetzes (KSG) und Pro-Kopf-Restbudgets ab 2022.

4.2 Vergleich mit einem nationalen CO_2-Restbudget bei Pro-Kopf-Ansatz

Die Gesamtmenge der sich aus dem Klimaschutzgesetz ergebenden CO_2-Emissionen lässt sich mit den aus dem globalen CO_2-Budget abgeleiteten nationalen CO_2-Budgets vergleichen, die sich hinsichtlich der angewandten Gerechtigkeitsprinzipien unterscheiden und sich für verschiedene Temperaturniveaus und Wahrscheinlichkeiten kalkulieren lassen. Hier wird exemplarisch der Vergleich mit einem Pro-Kopf-Ansatz gewählt, mit Verteilung des globalen Budgets ab dem Jahr der Ratifizierung des Pariser Abkommens (2016), so wie ihn der SRU als Referenz vorschlägt (SRU 2020). Aus Gerechtigkeitsgründen könnten auch aus deutscher Sicht ambitioniertere Verteilungsschlüssel, die einen größeren Anteil historischer Emissionen berücksichtigen, herangezogen werden. Der Pro-Kopf-Ansatz hat aber in Deutschland eine gewisse Prominenz erlangt, nicht zuletzt durch den Beschluss des BVerfG (2021), der den Berechnungsansatz des SRU für ein abgeleitetes nationales CO_2-Budget mehrfach erwähnt.

Mit diesem Pro-Kopf-Ansatz und einer Budget-Berechnung ab dem Jahr der Ratifikation des Pariser Abkommens (2016) kommt man auf folgende CO_2-Restbudgets ab 2022 für Deutschland: 6,0 $GtCO_2$ für einen „fairen" Beitrag zur Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 1,75 °C (mit 67 % Wahrscheinlichkeit) und 3,0 $GtCO_2$ für 1,5 °C (mit 50 % Wahrscheinlichkeit). Dementsprechend ist eine Einordnung möglich: Das Ambitionsniveau der deutschen Klimaziele (in Form der Gesamtmenge an CO_2-Emissionen bis 2045 bzw. 2050 auf Basis des Klimaschutzgesetzes 2021) lässt sich mit den an der SRU-Methodik orientierten Pro-Kopf-Budgets vergleichen (siehe Abbildung 3 und Infobox).

Die kumulierten Emissionen nach KSG 2021 liegen etwa doppelt so hoch wie ein Budget für eine Begrenzung auf 1,5 °C (mit 50 % Einhaltewahrscheinlichkeit), entsprechen aber in etwa einem Budget für eine Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 1,75 °C (mit 67 % Einhaltewahrscheinlichkeit). Die Gesamtmenge der CO_2-Emissionen laut Klimaschutzgesetz wäre mit dem Ziel des Pariser Klimaabkommens, die globale Erderwärmung auf „deutlich unter 2 Grad" zu begrenzen also durchaus kompatibel – wenn man für die Einordnung ein mit 1,75 °C kompatibles und für Deutschland auf Basis des Pro-Kopf-Ansatzes zugerechnetes globales CO_2-Restbudget zugrunde legt.[3]

Infobox: Annahmen zur Berechnung der kumulierten Emissionen und der abgeleiteten nationalen CO_2-Budgets

Kumulierte Emissionen auf Basis des Bundes-Klimaschutzgesetzes

Für die Berechnung der kumulierten THG-Emissionen für die Ziele nach Klimaschutzgesetz (2021) werden die prozentualen jährlichen Minderungswerte von 2022 bis 2040 in Emissionsmengen umgerechnet. Für die Jahre 2041 bis 2045 wird interpoliert bis auf 100 % Netto-Minderung für 2045 (THG-Neutralität). Im Einklang mit dem Koalitionsvertrag von SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP wird davon ausgegangen, dass im ersten Jahr der THG-Neutralität mit „etwa 5 Prozent unvermeidbaren Restemissionen" zu rechnen ist, also mit 62 Mt CO_2-eq. Im Einklang mit allen verfügbaren Modellierungsstudien zum Erreichen von THG-Neutralität in Deutschland wird ferner davon ausgegangen, dass es sich bei diesen residualen Emissionen zum größeren Teil um Nicht-CO_2-Emissionen handelt. Als Anhaltspunkt dienen hier die 41 $MtCO_2$-eq, die Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021) für den Agrarsektor in 2045 ausweisen.

[3] Der Vergleich des deutschen THG-Neutralitätsjahres mit globalen Emissionsminderungspfaden des IPCC ergibt auf den ersten Blick ein noch positiveres Bild, allerdings bei einer weniger belastbaren Basis. Hier läge Deutschland mit einem Zieljahr 2045 deutlich vor dem im IPCC Sonderbericht zu 1,5 °C ermittelten globalen THG-Neutralitäts-Zieljahr 2067 (IPCC 2018, Tabelle 2.4). Allerdings berücksichtigt solch ein Vergleich von Zieljahren weder kumulative Emissionen noch Fairness-Kriterien. In Bezug auf den Zeitpunkt der nationalen und globalen CO_2-Neutralität fällt der Unterschied zudem geringer aus. Für globale Pfade hat der IPCC-Sonderbericht hier bekanntermaßen ein Zieljahr 2050 ermittelt, während ein Zieljahr für CO_2-Neutralität vom Klimaschutzgesetz nicht formuliert wird. Die vorliegenden Emissionsminderungspfade für Deutschland zeigen allerdings, dass die CO_2-Neutralität einige Jahre vor der THG-Neutralität erreicht wird (vgl. etwa Luderer et al. 2021).

Um die kumulierten THG-Mengen bis 2050 bzw. 2045 jeweils in CO_2 umzurechnen, wird aus den beiden Studien von Prognos, Öko-Institut und Wuppertal-Institut (2020 und 2021) zur Klimaneutralität 2050 und 2045 der Anteil von CO_2 an allen THG-Emissionen herangezogen. Da die CO_2-Emissionen auf dem Weg zur Klimaneutralität schneller reduziert werden als Nicht-CO_2-Emissionen, liegt der CO_2-Anteil mit 80 % (THG-Neutralität bis 2045) bzw. 81 % (THG-Neutralität bis 2050) niedriger als aktuell (Durchschnitt der Jahre 2018-2020: 88 %).

Eine Besonderheit des KSG 2021 liegt darin, dass es den Beitrag von CO_2-Senken zur Erreichung deutscher Klimaziele explizit erwähnt, vor allem in Form von Netto-Zielen für CO_2-Entnahmen durch LULUCF ab 2030. Da die Berechnung des globalen CO_2-Budgets auch CO_2-Emissionen und CO_2-Entnahmen aus Landnutzung und Forstwirtschaft einbezieht, und da LULUCF auch einen großen Anteil an den historischen Netto-Emissionen seit Beginn der Industrialisierung ausmacht, ist es folgerichtig, LULUCF auch bei kumulierten Netto-Emissionen auf nationaler Ebene einzubeziehen. Dies gilt trotz aller Unsicherheiten bei deren Ermittlung, die auf globaler Ebene größer ausfallen als auf nationaler.

Die Netto-CO_2-Entnahme durch LULUCF und andere CO_2-Senken wird erst 2045 in das Gesamtminderungsziel des KSG eingerechnet, zumal LULUCF im KSG bislang auch nicht als eigenständiger Sektor ausgewiesen wird. Aus diesem Grund werden die im Gesetz angeführten jährlichen Netto-CO_2-Entnahmen von mindestens 25 Mt in 2030 über 35 Mt in 2040 hin zu 40 Mt in 2045 (§ 3a Abs. 1 KSG) für den Zeitraum 2030-2044 als zusätzlich zu erbringende Leistungen verstanden. Vor 2030 wird keinerlei Beitrag aus CO_2-Senken eingerechnet, 2041-2044 jedoch ein wachsender Anteil von zusätzlichen CO_2-Senken (möglicherweise technologischer Art, wie im Koalitionsvertrag angedeutet), der von 5 $MtCO_2$ in 2041 auf 20 $MtCO_2$ in 2044 ansteigt.

Ab 2045 wird die Anrechnungsmethode im Einklang mit § 3 Abs. 2 KSG sowie dem Koalitionsvertrag umgestellt. Bei 5 % Restemissionen (Basisjahr 1990) müssen 62 $MtCO_2$-eq durch CO_2-Senken ausgeglichen werden. Wenn davon 41 $MtCO_2$-eq aus Nicht-CO_2-Emissionen kommen, also vor allem Methan- und Lachgas-Emissionen der Landwirtschaft, und diese durch CO_2-Entnahmen ausgeglichen werden, ergibt dies netto negative CO_2-Emissionen von 41 Mt jährlich. Diese werden hier von 2045-2050 per Annahme konstant gehalten, da laut KSG auch die Netto-THG-Emissionen in diesem Zeitraum bei null bleiben sollen. Die Netto-Gesamtmenge an CO_2 im Zeitraum 2022-2045 beträgt 6,4 Gt, inklusive einer Senkenleistung von 0,521 Gt. Die entsprechende Gesamtmenge im Zeitraum 2022-2050 beträgt 6,2 Gt, inklusive einer Senkenleistung von 0,726 Gt.

Abgeleitete nationale CO_2-Budgets auf Pro-Kopf-Basis entsprechend dem SRU-Ansatz

Die Bestimmung eines nationalen Budgets orientiert sich weitgehend am Ansatz des SRU (2020). Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass von 2016 an, nämlich vom Jahr der Ratifikation des Pariser Abkommens, eine globale Gleichverteilung des CO_2-Restbudgets vorgenommen wird. Für das globale Budget werden die aktuellsten Werte des IPCC übernommen (diese Budgets gelten ab 2020, vgl. IPCC 2021), jeweils für 1,75 °C mit 67 % Wahrscheinlichkeit und 1,5 °C mit 50 %. Die globalen CO_2-Mengen für die Jahre 2016-2019 werden hinzuaddiert (aktualisierte Daten des Global Carbon Project, vgl. Friedlingstein et al. 2021).

Dieses Restbudget (934,8 $GtCO_2$ bzw. 659,8 $GtCO_2$) wird global pro Kopf verteilt, für Deutschland wird dabei ein Anteil von 1,1 % der Weltbevölkerung (in 2016) angesetzt. Damit ergeben sich nationale CO_2-Budgets ab 2016 von 10,28 $GtCO_2$ für 1,75 °C (67 % Wahrscheinlichkeit) und 7,26 $GtCO_2$ für 1,5 °C (50 % Wahrscheinlichkeit). Abschließend werden die realen CO_2-Emissionen 2016-2021 in Rechnung gestellt (vgl. Umweltbundesamt (2021) für 2016-2020 und Agora Energiewende (2022) für 2021). Daraus ergeben sich ab 2022 nationale Restbudgets von 6,0 $GtCO_2$ für einen fairen Beitrag Deutschlands zur Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 1,75 °C (67 %) und 3,0 $GtCO_2$ für 1,5 °C (50 %).

5 Schlussfolgerungen für die deutsche Klimapolitik

Der im November 2021 vorgestellte Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung bekennt sich sehr viel deutlicher als die Vorgängerregierung zur Orientierung an einem Erwärmungsniveau von 1,5 °C – der Koalitionsvertrag formuliert explizit den Anspruch „Deutschland auf den 1,5-Grad-Pfad zu bringen". Bisher bleibt allerdings offen, was damit genau gemeint ist. Gerade weil nationale Budgets daraus nicht wissenschaftlich eindeutig ableitbar sind, ist es eine genuin politische Aufgabe, hier den Maßstab zu definieren. Die Bundesregierung wird zum einen darlegen müssen, wie diese Zielformulierung in konkrete Umsetzungsschritte übersetzt werden soll. Zum anderen wird sie explizit machen müssen, an welchem Gerechtigkeitsmaßstab sie sich messen lassen will. Davon ausgehend wird die Regierung entscheiden müssen, in welchem Umfang das Beschreiten des „1,5-Grad-Pfads" allein auf nationalen Anstrengungen beruhen kann, und ob bzw. wie eine Erbringung von zusätzlichen Anstrengungen im außereuropäischen Ausland geplant ist (WWF/Öko-Institut 2021).

Das Klimaschutzgesetz des Bundes enthält im Kern lediglich Zielbestimmungen. Real sinken werden die Emissionen nur durch konkrete Maßnahmen und Instrumente. Deshalb ist jetzt prioritär, dass die Ziele im Klimaschutzgesetz und insbesondere das dort verankerte THG-Minderungsziel für 2030 (65 % gegenüber 1990) mit konkreten Maßnahmen unterlegt wird. Erste Pläne zur Umsetzung hat die neue Bundesregierung in der Eröffnungsbilanz des Wirtschaft- und Klimaschutzministeriums schon vorgelegt, eine Konkretisierung wird im Rahmen zweier umfangreicher Gesetzespakete im Frühjahr und Sommer 2022 erfolgen. Parallel dazu muss sich die Bundesregierung auf EU-Ebene im Rahmen der Verhandlungen über das Fit-for-55-Paket dafür einsetzen, bessere Rahmenbedingungen für einen effizienten Übergang in eine THG-neutrale Volkswirtschaft zu schaffen.

Eine klare Benchmark für das, was die Bundesregierung unter einem (fairen) Beitrag Deutschlands zur Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 1,5 Grad versteht, hat sie bislang nicht genannt. In den Medien und der interessierten Fachöffentlichkeit wurde das Bekenntnis zum 1,5-Grad-Pfad bisweilen als Bekenntnis zu einem entsprechenden nationalen CO_2-Budget interpretiert, was inkompatibel sei mit der Haltung der Bundesregierung, die im Klimaschutzgesetz verankerten Ziele nicht anzuheben. Bisweilen wird aber auch bereits anerkannt, dass sich die beschlossenen Ziele aufgrund von „bestehenden Kapitalstockstrukturen und technischen, wirtschaftlichen und politischen Anpassungsprozessen" (WWF/Öko-Institut 2021) kaum noch verschärfen lassen, und die entsprechende Lücke – gemessen beispielsweise an einem abgeleiteten nationalen 1,5-Grad-Budget mit Pro-Kopf-Aufteilung ab 2016 – durch die Finanzierung von zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen im Ausland zu schließen wäre.

Wenn eine solche Finanzierung „CO_2-Budgetrelevanz" für sich beanspruchen will, würde sie so ausgestaltet sein müssen, dass sie mit identifizierbaren Klimaschutzmaßnahmen und nachvollziehbaren Erfolgskontrollen in Schwellen- und Entwicklungsländern verbunden wird. Ein positives Beispiel könnte die bei der COP26 in Glasgow verkündete Allianz von Deutschland, Frankreich, Großbritannien, USA und EU sein, die die Transformation des Stromsektors und insbesondere den rascheren Kohleausstieg in Südafrika mit 8,5 Mrd€ finanzieren will. Ähnliche Programme sollen im Rahmen von Deutschlands G7-Präsidentschaft über Klimapartnerschaften mit weiteren Ländern vereinbart werden. Die Einführung von Messbarkeitskriterien würde hier helfen, die konkreten Klimaschutzwirkungen einer deutschen Klimaaußenpolitik fassbar zu machen. Davon klar zu trennen sind (weiterhin notwendige) Finanzierungszusagen für Anpassungsmaßnahmen.

Um eine Orientierung Deutschlands an 1,5 °C glaubwürdig und nachvollziehbar zu machen, wird sich die Bundesregierung daher zu zwei zentralen Fragenkomplexen positionieren müssen:

1. Wie versteht sie den „1,5-Grad-Pfad" auf globaler Ebene, und nach welchen Gerechtigkeitskriterien wäre ein deutscher Beitrag zur Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 1,5 °C zu bemessen?

2. Soll bzw. kann der faire nationale Beitrag ausschließlich in Deutschland erbracht werden, oder auch im Ausland – und falls letzteres: zu welchem Anteil, nach welchen Gerechtigkeitskriterien und mit welcher Erfolgskontrolle?

Angesichts der Bandbreite bereits vorliegender Vorschläge für Benchmarks für einen fairen Beitrag, aber auch angesichts der Bottom-up-Logik des Pariser Abkommens, liegt der Ball nun bei den Regierungen der Industriestaaten. Sie müssen weitaus besser als bisher erklären, wie sie das in Art. 4 des Paris Abkommens formulierte Kriterium einer „größtmögliche[n] Ambition unter Berücksichtigung ihrer gemeinsamen, aber unterschiedlichen Verantwortlichkeiten und ihrer jeweiligen Fähigkeiten" zu erfüllen gedenken (UK CCC 2020). Wenn die Bundesregierung glaubwürdig sein will, muss sie hier Kriterien nennen, an denen sie sich messen lassen will. Nur so wird das nationale Ambitionsniveau transparent und wissenschaftlich überprüfbar.

Danksagung

Wir danken Agora Energiewende für die Bereitstellung ihrer Daten und Frank Peter für den Anstoß zu dieser Veröffentlichung und die hilfreichen Diskussionen. Weiterhin danken wir Marie Zeller (MCC) für die Unterstützung bei der Berechnung der kumulierten Emissionen und der Erstellung des Literaturverzeichnisses und Glen Peters (CICERO) für die Unterstützung bei der Erstellung der Abbildungen 1 und 2.

Literatur

Agora Energiewende (2022). Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2021. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2022.

Allen, M. R., Frame, D. J., Huntingford, C., Jones, C. D., Low, J. A., Meinshausen, M., Meinshausen, N. (2009). Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne. *Nature*, 458, 1163–1166. https://doi.org/10.1038/nature08019

Bundesverfassungsgericht (2021). Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021 - 1 BvR 2656/18 -, Rn. 1-270, http://www.bverfg.de/e/rs20210324_1bvr265618.html, abgerufen am 01.03.2022.

Edenhofer O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, S. Kadner, J. C. Minx, S. Brunner, et al. (2014). Technical Summary. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, et al. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Expertenrat für Klimafragen (2021). Bericht zur Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2020. Prüfung und Bewertung der Emissionsdaten gemäß § 12 Abs. 1 Bundes-Klimaschutzgesetz. https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2021/04/210415_Bericht_Expertenrat_Klimafragen_2021-2.pdf, abgerufen am 01.03.2022.

Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, et al. (2021). Global Carbon Budget 2021, *Earth System Science Data Discussion*, https://doi.org/10.5194/essd-2021-386, in review.

Fuss, S., Gruner, F., Hilaire, J., Kalkuhl, M., Knapp, J., Lamb, W., Merfort, A., Meyer, H., Minx, J. C., Strefler, J. (2021). CO2-Entnahmen: Notwendigkeit und Regulierungsoptionen. Studie im Auftrag der Wissenschaftsplattform Klimaschutz. Berlin.

Fuss, S., Lamb, W. F., Callaghan, M. W., Hilaire, J., Creutzig, F., Amann, T., Beringer, T., de Oliviera Garcia, W., Hartmann, J. Khanna, T., Luderer, G., Nemet, G. F., Rogelj, J., Smith, P., Vicente Vicente, J. L., Wilcox, J., del Mar Zamora Dominguez, M., Minx, J. C. (2018). Negative emissions—Part 2: Costs, potentials and side effects. *Environmental Research Letters*, 13(6), 063002. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabf9f

Geden, O. (2016). An actionable climate target. *Nature Geoscience*, 9, 340–342. https://doi.org/10.1038/ngeo2699

IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC (2018). Global Warming of 1.5°C.An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, et al. (eds.). Cambridge University Press

IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, et al. (eds.). Cambridge University Press. In Press.

Karlsson-Vinkhuyzen, S. I., Groff, M., Tamás, P. A., Dahl, A. L., Harder, M., Hassall, G. (2018). Entry into force and then? The Paris agreement and state accountability. *Climate Policy*, 18(5), 593-599. https://doi.org/10.1080/14693062.2017.1331904

Knopf, B., Kowarsch, M., Lüken, M., Brunner, S., Edenhofer, O. (2010). Begrenzung, Verteilung und Handel von CO2-Emissionsrechten. In: Edenhofer O., Wallacher J., Reder M., Lotze-Campen H. (eds.): Global aber gerecht (pp. 165-179). Beck.

Knopf B., Kowarsch M., Lüken M., Edenhofer O., Luderer G. (2012). A Global Carbon Market and the Allocation of Emission Rights. In: Edenhofer O., Wallacher J., Lotze-Campen H., Reder M., Knopf B., Müller J. (eds.): Climate Change, Justice and Sustainability. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4540-7_26

Knopf, B., Geden, O. (2014). A warning from the IPCC: the EU 2030's climate target cannot be based on science alone. *energypost.eu*, https://energypost.eu/warning-ipcc-eu-2030s-climate-target-based-science-alone/,

abgerufen am 01.03.2022.

Kolstad, C., Urama, K., Broome, J., Bruvoll, A., Cariño-Olvera, M., Fullerton, et al. (2014). Social, Economic and Ethical Concepts and Methods. In: Edenhofer O., Pichs-Madruga R., Sokona Y., Farahani E., Kadner S., Seyboth K., et al. (eds.): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change (pp. 173-248). Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/

Konzeptwerk Neue Ökonomie (2022). Mit grüner Marktwirtschaft das Klima retten? Klimagerechtigkeits-Check der Ampel-Regierung. Leipzig.

KSG (2019). Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513).

KSG (2021). Erstes Gesetz zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905).

Lahn, B. (2020). A history of the global carbon budget. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11(3), e636. https://doi.org/10.1002/wcc.636

Luderer, G., Kost, C., Sörgel, D. et al. (2021). Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Kopernikus-Projekt Ariadne. https://doi.org/10.48485/pik.2021.00

Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W., Raper, S. C. B., Frieler, K., Knutti, R., Frame, D. J., Allen, M. R. (2009). Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C. *Nature*, 458, 1158–1162. https://doi.org/10.1038/nature08017

Paris Abkommen (adopted 12. Dec. 2015, entered into force 4. Nov. 2016). United Nations Treaty Collection, Chapter XXVII 7 d https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf, abgerufen am 14.02.2022.

Peters, G. P. (2018). Beyond carbon budgets. *Nature Geoscience*, 11, 378–380. https://doi.org/10.1038/s41561-018-0142-4

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020). Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität.

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021). Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende.

Rajamani, L., Jeffery, L., Höhne, N., Hans, F., Glass, A., Ganti, G., Geiges, A. (2021). National 'fair shares' in reducing greenhouse gas emissions within the principled framework of international environmental law, *Climate Policy*, 21(8), 983-1004. https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1970504

Rajamani, L., Werksman, J. (2018). The legal character and operational relevance of the Paris Agreement's temperature goal, Philosophical Transactions of the Royal Society A, 376(2119), 1-14, http://doi.org/10.1098/rsta.2016.0458

Rogelj, J. (2021). A deep dive into the IPCC's updated carbon budget numbers. https://www.realclimate.org/index.php/archives/2021/08/a-deep-dive-into-the-ipccs-updated-carbon-budget-numbers/, abgerufen am 14.02.2022.

Rogelj, J., Forster, P. M., Kriegler, E., Smith, C. J., Séférian, R. (2019). Estimating and tracking the remaining carbon budget for stringent climate targets. *Nature*, 571, 335–342. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1368-z

Rogelj, J., Geden, O., Cowie, A., & Reisinger, A. (2021). Three ways to improve net-zero emissions targets. *Nature*, 591, 365-368.

Schenuit, F., Colvin, R., Fridahl, M., McMullin, B., Reisinger, A., Sanchez, D. L., Smith, S. M., Torvanger, A. Wreford, A., Geden, O. (2021). Carbon dioxide removal policy in the making: assessing developments in 9 OECD cases. *Frontiers in Climate*, 3 (638805). https://doi.org/10.3389/fclim.2021.638805

SPD, Bündnis 90/ Die Grünen, FDP (2021). Mehr Fortschritt wagen – Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021-2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP). https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/04221173eef9a6720059cc353d759a2b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1, abgerufen am 01.03.2022.

SRU (2020). Umweltgutachten 2020: Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa.

Geschäftsstelle des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU), https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/01_Umweltgutachten/2016_2020/2020_Umweltgutachten_Entschlossene_Umweltpolitik.html, abgerufen am 01.03.2022.

UK CCC (2020). The Sixth Carbon Budget - The UK's path to Net Zero. https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2020/12/The-Sixth-Carbon-Budget-The-UKs-path-to-Net-Zero.pdf, abgerufen am 01.03.2022.

Umweltbundesamt (2021). Emissionsübersichten in den Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes. https://www.umweltbundesamt.de/dokument/emissionsuebersichten-in-den-sektoren-des, abgerufen am 01.03.2022.

Winkler, H., Höhne, N., Cunliffe, G., Kuramochi, T., April, A., Jose de Villafranca Casas, M. (2018). Countries start to explain how their climate contributions are fair: more rigour needed. *International Environmental Agreements*, 18, 99–115. https://doi.org/10.1007/s10784-017-9381-x

Wuppertal Institut (2020). CO2-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze. Bericht. Wuppertal.

WWF/Öko-Institut (2021). Mind the Ambition Gap. Internationale Finanztransfers als Instrument zur Einhaltung nationaler CO2-Budgets. https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/MIND-THE-AMBITION-GAP.pdf, abgerufen am 01.03.2022.



